

ЭКОНОМИКА, ОРГАНИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ  
ОРГАНИЗАЦИЯМИ, ОТРАСЛЯМИ, КОМПЛЕКСАМИ

Научная статья  
УДК (550.8+553.04):004.9  
doi:10.46554/1993-0453-2022-1-207-36-43

Онтологический подход к геолого-экономической оценке  
результатов геолого-разведочных работ  
в составе информационной системы управления недропользованием

Валерий Сергеевич Дадыкин<sup>1</sup>, Ольга Викторовна Дадыкина<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Брянский государственный технический университет, Брянск, Россия

<sup>1</sup> Dadykin88@bk.ru

<sup>2</sup> Atamanova\_281287@mail.ru

**Аннотация.** Онтологический подход представляет собой разработку тезауруса предметной области, структуры и состава базы знаний, применяемой в процессе геолого-экономической оценки результатов геолого-разведочных работ. Актуальность применения данного подхода состоит не только в содержательной части тезауруса и базы знаний, но и в поиске в процессе моделирования структуры и связей в составе онтологической модели закономерностей и правил, неявно определяющих функциональную подсистему объекта исследования. Последним в данном случае является совокупность геолого-разведочных работ, направленных на поиски, разведку, оценку недр. Предметом исследования выступает построение онтологической модели как базы знаний предметной области геолого-экономической оценки, являющейся элементом информационной системы управления недропользованием. Цель данной работы – применение онтологического подхода к геолого-экономической оценке результатов геолого-разведочных работ в составе информационной системы управления недропользованием. Для достижения данной цели потребовалось решить следующие задачи: определить функциональную область применения онтологического моделирования к оценке результатов геолого-разведочных работ, определить состав тезауруса предметной области, построить онтограф предметной области, определить взаимосвязи элементов на практике. В результате авторами разработана система геолого-экономических показателей, которая в дальнейшем может быть интегрирована в информационную систему управления недропользованием.

**Ключевые слова:** онтологическое моделирование, оценка затрат, геолого-экономический мониторинг, геолого-разведочные работы, минерально-сырьевой комплекс

**Основные положения:**

- ♦ экономическая оценка результатов геолого-разведочных работ с учетом их особенностей должна опираться на базу знаний, содержащую тезаурус геолого-экономических показателей по стадиям геолого-разведочного процесса;
- ♦ связь геолого-экономических показателей в составе тезауруса онтологической модели предметной области позволяет выполнять факторный экономический анализ;
- ♦ фактическая оценка показателей в составе тезауруса геолого-экономической оценки результатов геолого-разведочных работ позволяет охарактеризовать состояние объекта исследования и перейти к расчету объемов выпуска горнорудной товарной продукции, исходя из условия удовлетворения потребности отдельной территории, региона, государства (с учетом объемов экспорта-импорта) в минеральном сырье.

**Для цитирования:** Дадыкин В.С., Дадыкина О.В. Онтологический подход к геолого-экономической оценке результатов геолого-разведочных работ в составе информационной системы управления недропользованием // Вестник Самарского государственного экономического университета. 2022. № 1 (207). С. 36–43. doi:10.46554/1993-0453-2022-1-207-36-43.

ECONOMICS, ORGANIZATION AND MANAGEMENT  
ORGANIZATIONS, BRANCHES, COMPLEXES

Original article

**An ontological approach to the geological and economic assessment  
of the results of geological exploration as part of the information system  
of subsurface management**

**Valery S. Dadykin<sup>1</sup>, Olga V. Dadykina<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup> Bryansk State Technical University, Bryansk, Russia

<sup>1</sup> Dadykin88@bk.ru

<sup>2</sup> Atamanova\_281287@mail.ru

**Abstract.** The ontological approach is the development of a thesaurus of the subject area, the structure and composition of the knowledge base used in the process of geological and economic evaluation of the results of geological exploration. The relevance of this approach is not only in the content of the thesaurus and knowledge base, but also in the search for patterns and rules implicitly defining the functional subsystem of the object of study in the process of modeling the structure and links as part of the ontological model. The latter in this case is a set of geological exploration works aimed at prospecting, exploration, and evaluation of the subsurface. The subject of the study is the construction of an ontological model as a knowledge base of the subject area of geological and economic assessment, which is an element of the information system of subsurface management. The purpose of this work is to apply an ontological approach to the geological and economic assessment of the results of geological exploration as part of the information system of subsurface management. To achieve this goal, it will be necessary to solve the following tasks: to determine the functional scope of ontological modeling to evaluate the results of geological exploration, to determine the composition of the thesaurus of the subject area, to build an ontograph of the subject area, to determine the relationship of elements in practice. As a result, a system of geological and economic indicators was developed, which in the future can be integrated into the information system of subsurface management.

**Keywords:** ontological modeling, cost estimation, geological and economic monitoring, geological exploration, mineral resource complex

**Highlights:**

- ◆ the economic assessment of the results of geological exploration, taking into account their features, should be based on a knowledge base containing a thesaurus of geological and economic indicators for the stages of the geological exploration process;
- ◆ the connection of geological and economic indicators as part of the thesaurus of the ontological model of the subject area allows you to perform factor economic analysis;
- ◆ the actual assessment of the indicators as part of the thesaurus of geological and economic evaluation of the results of geological exploration allows us to characterize the condition of the research object and proceed to the calculation of the volume of output of mining commodity products, based on the condition of meeting the needs of a separate territory, region, state (taking into account the volume of exports and imports) in mineral raw materials.

**For citation:** Dadykin V.S., Dadykina O.V. An ontological approach to the geological and economic assessment of the results of geological exploration as part of the information system of subsurface management //

### Введение

В настоящее время развитие экономической науки, производства требует активного применения новых информационных технологий для решения разнообразных задач предметной области. Одним из важных направлений работы является использование семантики данных, представляющей взаимосвязь между накопленной информацией, информационными источниками и вариантами использования информации [1].

Онтологическое моделирование применяется, как правило, в тех областях знаний, где весьма высока роль экспертов в процессе принятия решений. В этом смысле геологическая отрасль не является исключением. Построение геолого-экономических моделей в геологии имеет значительный опыт [2; 3]. Однако применение онтологического моделирования в рамках данной задачи отличается научной новизной. Прежде всего, стоит отметить отсутствие специализированного словаря-справочника терминов предметной области, способного объединить в себе имеющиеся узкоспециализированные термины предметной области и показатели геолого-экономического мониторинга.

От определения показателей геолого-экономического мониторинга целесообразно перейти к проектированию онтологической модели (онтографа), соединяющей в себе логические взаимосвязи между узлами онтографа.

Проблематика формирования узкоспециализированных предметных областей знаний для решения экономических задач представляет собой актуальную научную задачу.

### Методы

В процессе проектирования модели взаимосвязи геолого-разведочного процесса с добывающими и перерабатывающими производствами целесообразно построить функциональную диаграмму в нотации моделирования IDEFO, отражающую логическую модель системы (рис. 1, 2).

Построенные функциональные модели процесса организации геолого-разведочных работ позволили определить ключевые сущности (элементы тезауруса) и взаимосвязи между ними. Таким образом, при формировании экспертной системы в области геолого-экономической информации целесообразно опираться на следующие показатели (см. таблицу).

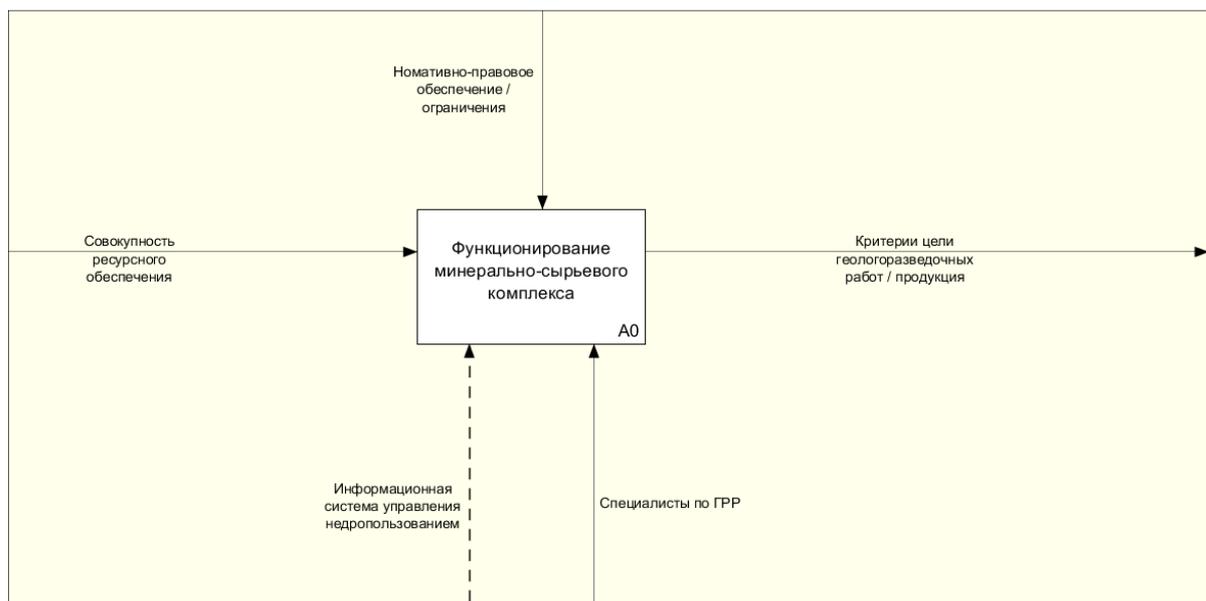


Рис. 1. Контекстная диаграмма модели геолого-экономического мониторинга

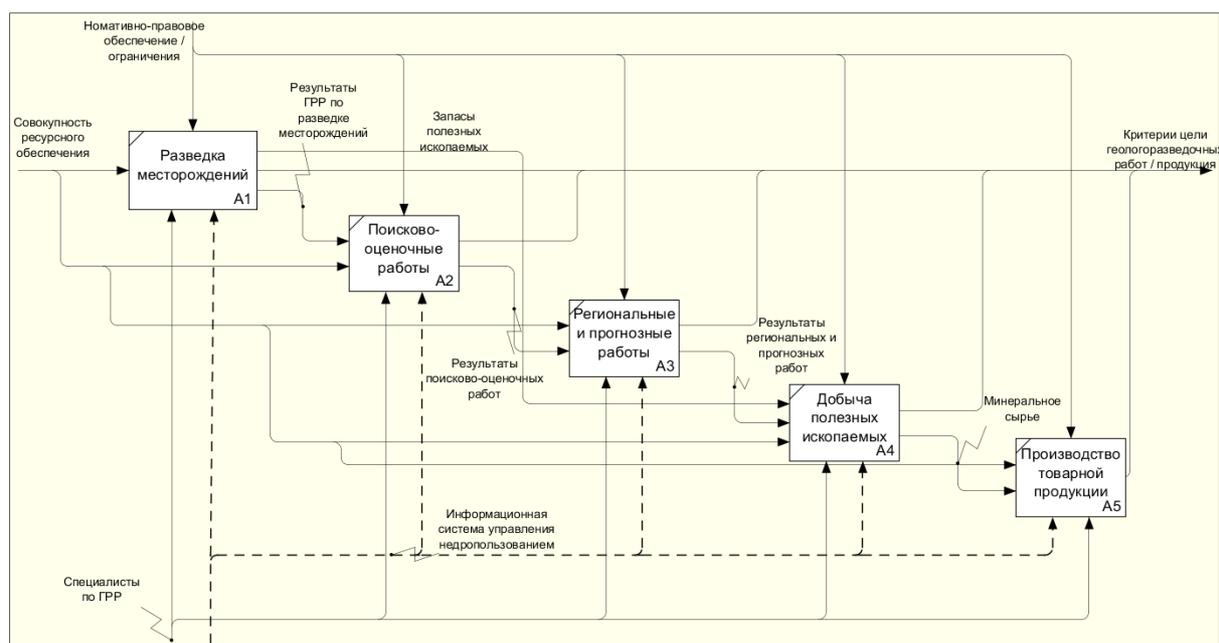


Рис. 2. Диаграмма декомпозиции модели геолого-экономического мониторинга

#### Структурный состав тезауруса системы геолого-экономического мониторинга

Блок тезауруса (код блока) / Подгруппа тезауруса (код подгруппы)	Код блока / Код подгруппы/элемента тезауруса	Элемент тезауруса	Взаимосвязи
1	2	3	4
Минерально-сырьевой комплекс /-/ МСК	МСК/-/ПМР	Природные минеральные ресурсы	МСК/-/ГРП
	МСК/-/ГРП	Геолого-разведочные работы	МСК/-/ПрР МСК/-/Зап
	МСК/-/ПрР	Прогнозные ресурсы	МСК/-/ГРП
	МСК/-/Зап	Запасы месторождений	МСК/-/ДиП
	МСК/-/ДиП	Добыча и переработка полезных ископаемых	МСК/-/МС МСК/-/Отх
	МСК/-/МС	Минеральное сырье	МСК/-/ПРперв
	МСК/-/ПРперв	Производство промышленной продукции из первичного сырья	МСК/-/Тов
	МСК/-/ПРвтор	Производство промышленной продукции из вторичного сырья	МСК/-/Тов
	МСК/-/Тов	Товарная продукция высокой степени переработки	МСК/-/Потр
	МСК/-/Потр	Потребление товарной продукции: а) орудия и средства производства; б) предметы потребления	МСК/-/Втор
	МСК/-/Втор	Вторичное сырье	МСК/-/ПРперв МСК/-/ПРвтор
	МСК/-/Отх	Отходы	МСК/-/ДиП МСК/-/ПРперв МСК/-/ПРвтор

1	2	3	4
Геолого-разведочный процесс (ГРП) / Функциональные блоки (ФБ) /	ГРП/ФБ/РегГИН	Региональное геологическое изучение недр и прогнозирование полезных ископаемых	ГРП/Выходы/ГеолКСр ГРП/Выходы/ГеолКМ ГРП/Выходы/ГеолКПр ГРП/ФБ/ПоискР
	ГРП/ФБ/ПоискР	Поисковые работы	ГРП/Выходы/ПрР ГРП/ФБ/ОцР
	ГРП/ФБ/ОцР	Оценочные работы	ГРП/Выходы/ОцЗ ГРП/ФБ/РазвМ
	ГРП/ФБ/РазвМ	Разведка месторождений	ГРП/Выходы/РазвЗ
Геолого-разведочный процесс (ГРП) / Факторы внешнего воздействия (Входы)	ГРП/Входы/ПрРес	Природные ресурсы	ГРП/ФБ/РегГИН ГРП/ФБ/ПоискР ГРП/ФБ/ОцР ГРП/ФБ/РазвМ
	ГРП/Входы/ТрРес	Трудовые ресурсы	ГРП/ФБ/РегГИН ГРП/ФБ/ПоискР ГРП/ФБ/ОцР ГРП/ФБ/РазвМ
	ГРП/Входы/МатРес	Материальные ресурсы	ГРП/ФБ/РегГИН ГРП/ФБ/ПоискР ГРП/ФБ/ОцР ГРП/ФБ/РазвМ
	ГРП/Входы/ФинРес	Финансовые ресурсы	ГРП/ФБ/РегГИН ГРП/ФБ/ПоискР ГРП/ФБ/ОцР ГРП/ФБ/РазвМ
	ГРП/Входы/ИнфРес	Информационные ресурсы	ГРП/ФБ/РегГИН ГРП/ФБ/ПоискР ГРП/ФБ/ОцР ГРП/ФБ/РазвМ
	ГРП/Входы/ПрОгр	Природные ограничения	ГРП/ФБ/РегГИН ГРП/ФБ/ПоискР ГРП/ФБ/ОцР ГРП/ФБ/РазвМ
	ГРП/Входы/ЭкОгр	Экономические ограничения	ГРП/ФБ/РегГИН ГРП/ФБ/ПоискР ГРП/ФБ/ОцР ГРП/ФБ/РазвМ
	ГРП/Входы/ТехОгр	Технико-технологические ограничения	ГРП/ФБ/РегГИН ГРП/ФБ/ПоискР ГРП/ФБ/ОцР ГРП/ФБ/РазвМ
	ГРП/Входы/СоцДемОгр	Социально-демографические ограничения	ГРП/ФБ/РегГИН ГРП/ФБ/ПоискР ГРП/ФБ/ОцР ГРП/ФБ/РазвМ
	ГРП/Входы/ЭколОгр	Экологические ограничения	ГРП/ФБ/РегГИН ГРП/ФБ/ПоискР ГРП/ФБ/ОцР ГРП/ФБ/РазвМ
Геолого-разведочный процесс (ГРП) / Критерии цели (Выходы)	ГРП/Выходы/ГеолКСр	Геологические карты масштаба 1:200 000 (среднемасштабные)	ГРП/ФБ/РегГИН
	ГРП/Выходы/ГеолКМ	Геологические карты масштаба 1:1 000 000 (мелкомасштабные)	ГРП/ФБ/РегГИН
	ГРП/Выходы/ГеолКПр	Геологические карты прогнозных ресурсов Р <sub>3</sub> , Р <sub>2</sub>	ГРП/ФБ/РегГИН
	ГРП/Выходы/ПрР	Прогнозные ресурсы Р <sub>2</sub> , Р <sub>1</sub>	ГРП/ФБ/ПоискР
	ГРП/Выходы/ОцЗ	Прогнозные ресурсы Р <sub>1</sub> Оцененные запасы С <sub>2</sub>	ГРП/ФБ/ОцР
	ГРП/Выходы/РазвЗ	Разведанные запасы полезных ископаемых кат. А+В+С <sub>1</sub> +(С <sub>2</sub> )	ГРП/ФБ/РазвМ

Представленная система геолого-экономических показателей является основой для построения онтологической модели предметной области.

### Результаты

Апробация системы показателей в рамках онтологической модели приводит к необходимости использования программного продукта Protégé, предназначенного для построения онтологических моделей и онтографов предметной области [4].

Функциональная модель системы, приведенная в данной работе, ранее не учитывала ранжирование геолого-разведочных работ с точки зрения их последовательности и этапно-

сти, что является важнейшей характеристикой геолого-разведочного процесса. Так, региональные прогнозные работы выступают основой для поисково-оценочных работ в связи с тем, что результаты региональных и прогнозных работ, а именно – картографическая продукция и прогнозные ресурсы по категории  $P_3$ , являются основой для проведения поисково-оценочной работы. Результаты поисково-оценочных работ – прогнозные ресурсы и запасы по категории  $P_2+P_1+(C_2)$  – служат основой для проведения детальной разведки месторождений полезных ископаемых и т.д.

Реализовать подобную преемственность при проведении работ и провести факторный анализ в рамках получения экономического

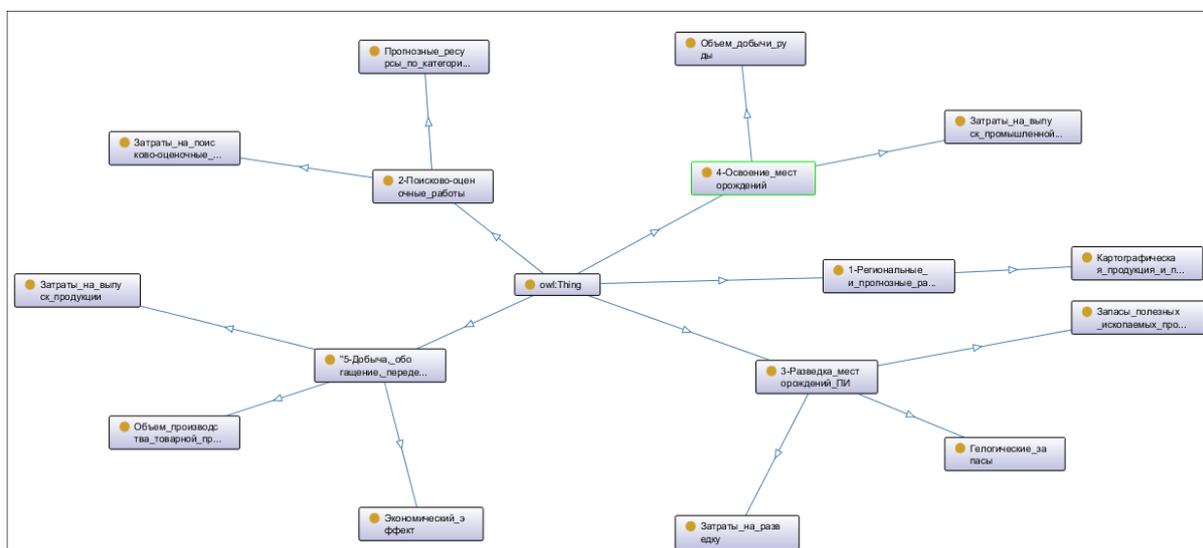


Рис. 3. Онтологическая модель геолого-экономической оценки результатов геолого-разведочных работ

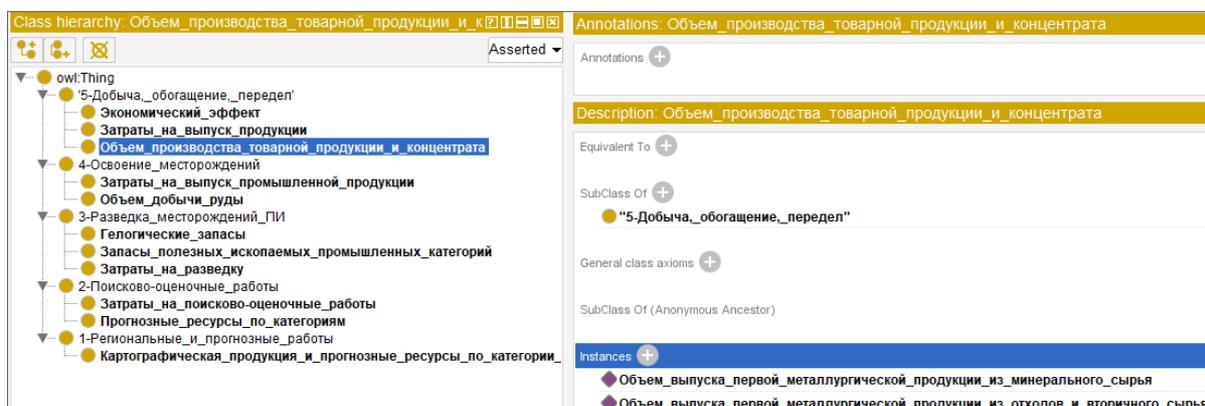


Рис. 4. Атрибутивный состав элементов онтологической модели

эффекта от разработки месторождений позволяет полученная онтологическая модель (рис. 3).

Данная модель позволяет путем установления значений для отдельных параметров – узлов онтографа в автоматизированном режиме выполнять расчет и факторный анализ результатов геолого-разведочных работ. Каждый из узлов, представленных на рис. 3, в свою очередь, содержит ряд элементов, представленных в рамках онтологической модели отдельными экземплярами, указанными в таблице, что показано на рис. 4.

Подобная структура позволяет выстроить логические взаимосвязи геолого-разведочных работ с добывающими и перерабатывающими производствами в рамках сквозного процесса.

### Обсуждение

Наряду с рассмотренным в данной работе подходом по формированию онтологической модели геолого-экономической оценки результатов геолого-разведочных работ существуют и другие подходы. Например, долгое время превалировал подход, основанный на двумерной или бинарной архитектуре модели данных, применительно к отражению взаимосвязей между сущностями [2; 5].

Отметим, что преимуществом онтологического подхода является возможность установления взаимосвязей за пределами бинарных структур, что позволяет в сети онтографа показать, как связаны между собой классы, под-

классы, отдельные сущности и их экземпляры (instances) [2; 3].

В результате становится возможным показать всю цепочку элементов геолого-разведочного процесса и перейти к расчету объемов выпуска горнорудной товарной продукции, исходя из условия удовлетворения потребности отдельной территории, региона, государства (с учетом объемов экспорта-импорта) в минеральном сырье, опираясь на возможности недр удовлетворить намеченную потребность.

### Заключение

Таким образом, авторами предложен подход к экономической оценке результатов геолого-разведочных работ с учетом их особенностей, основанный на использовании базы знаний, содержащей тезаурус геолого-экономических показателей по стадиям геолого-разведочного процесса. Для формирования онтологической модели определены связи геолого-экономических показателей в составе тезауруса предметной области, что позволяет выполнять факторный экономический анализ. Фактическая оценка показателей в составе тезауруса геолого-экономической оценки результатов геолого-разведочных работ позволяет охарактеризовать состояние объекта исследования и перейти к расчету объемов выпуска горнорудной товарной продукции, исходя из условия удовлетворения потребности отдельной территории, региона, государства (с учетом объемов экспорта-импорта) в минеральном сырье.

### Список источников

1. Дадыкин В.С., Дадыкина О.В. Снижение воспроизводства минерально-сырьевой базы как угроза экономической безопасности // Социально-экономические и гуманитарные исследования: проблемы, тенденции и перспективы развития : материалы междунар. науч.-практ. конф., Брянск, 27–28 апр. 2016 г. Брянск : Брянск. гос. аграр. ун-т, 2016. С. 24–27.
2. The GeoCore ontology: A core ontology for general use in Geology / L. Garcia, M. Abel, M. Perrin, R. Alvarengarenata // Computers & Geosciences. 2019. Vol. 135. doi:10.1016/j.cageo.2019.104387.
3. Guarino N., Welty C. Evaluating ontological decisions with ontoclean // Communications of the ACM. 2002. Vol. 45. Pp. 61–65.
4. Zhong J., Aydina A., Mcguinness D. Ontology of fractures // Journal of Structural Geology. 2009. Vol. 31. Pp. 251–259. doi:10.1016/j.jsg.2009.01.008.
5. Геолого-экономическое районирование в управлении фондом недр и геологоразведочной промышленностью / Р.Р. Ноговицын, О.Н. Федонин, В.С. Дадыкин, В.М. Сканцев. Брянск : Новый проект, 2018. 304 с.

### References

1. Dadykin V.S., Dadykina O.V. Reduction of reproduction of the mineral resource base as a threat to economic security // Socio-economic and humanitarian research: problems, trends and development prospects : materials of the International Scientific and Practical Conference, Bryansk, Apr. 27-28, 2016. Bryansk : Bryansk State Agrarian University, 2016. Pp. 24–27.
2. The GeoCore ontology: A core ontology for general use in Geology / L. Garcia, M. Abel, M. Perrin, R. Alvarengarenata // Computers & Geosciences. 2019. Vol. 135. doi:10.1016/j.cageo.2019.104387.
3. Guarino N., Welty C. Evaluating ontological decisions with ontoclean // Communications of the ACM. 2002. Vol. 45. Pp. 61–65.
4. Zhong J., Aydina A., Mcguinness D. Ontology of fractures // Journal of Structural Geology. 2009. Vol. 31. Pp. 251–259. doi:10.1016/j.jsg.2009.01.008.
5. Geological and economic zoning in the management of the subsoil fund and the exploration industry / R.R. Nogovitsyn, O.N. Fedonin, V.S. Dadykin, V.M. Skantsev. Bryansk : New project, 2018. 304 p.

### **Информация об авторах**

*В.С. Дадыкин* – доктор экономических наук, доцент, декан факультета отраслевой и цифровой экономики, профессор кафедры «Цифровая экономика» Брянского государственного технического университета;

*О.В. Дадыкина* – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры «Цифровая экономика» Брянского государственного технического университета.

### **Information about the authors**

*V.S. Dadykin* – Doctor of Economics, Associate Professor, Dean of the Faculty of Industrial and Digital Economics, Professor of the Department "Digital Economy" of Bryansk State Technical University;

*O.V. Dadykina* – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department "Digital Economy" of Bryansk State Technical University.

Статья поступила в редакцию 24.02.2022; одобрена после рецензирования 09.03.2022; принята к публикации 25.04.2022.

The article was submitted 24.02.2022; approved after reviewing 09.03.2022; accepted for publication 25.04.2022.